Pêches et Océans Canada | Fisheries and Oceans Canada
Sciences des écosystèmes et des océans | Ecosystems and Oceans Science

Régions de Terre-Neuve-et-Labrador, Québec, du Golfe et des Maritimes

Secrétariat canadien de consultation scientifique
Avis scientifique 2016/041

CONDITIONS OCÉANOGRAPHIQUES DANS LA ZONE ATLANTIQUE EN 2015

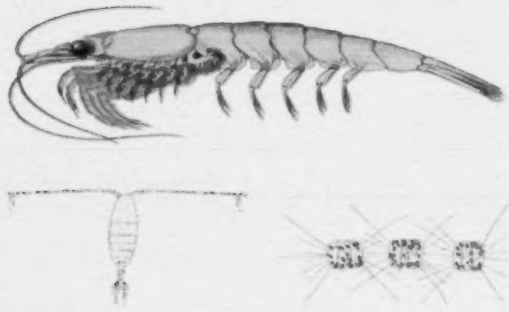

Figure 1. Taxons clés du réseau trophique pélagique : euphausiacés (dans le haut), phytoplancton (dans le coin inférieur droit) et copépodes (dans le coin inférieur gauche). Images : Pêches et Océans Canada

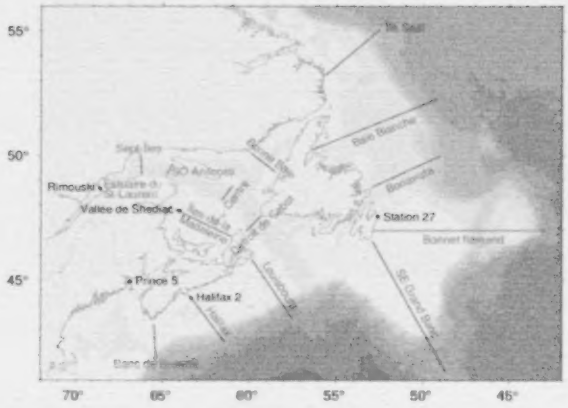

Figure 2. Stations d'échantillonnage à haute fréquence et lignes de sections sélectionnées du Programme de monitorage de la zone atlantique.

Contexte:

Mis en œuvre en 1998, le Programme de monitorage de la zone atlantique (PMZA) vise à accroître la capacité de Pêches et Océans Canada à comprendre, à décrire et à prévoir l'état de l'écosystème marin, de même qu'à quantifier les changements observés quant aux propriétés physiques, chimiques et biologiques de l'océan.

Une description des profils saisonniers de la répartition du phytoplancton (végétaux microscopiques) et du zooplancton (animaux microscopiques) fournit des renseignements importants sur les organismes qui constituent la base du réseau trophique marin. Or, pour appliquer une approche écosystémique à l'égard de l'évaluation des stocks et de la gestion des ressources marines, il est essentiel de comprendre les cycles de production du plancton et leur variabilité interannuelle.

SOMMAIRE

- Les températures de surface étaient au-dessus de la normale en janvier et février dans la portion libre de glace de la zone, généralement près de la normale jusqu'en juin dans toute la zone, sous la normale à normale sur le Plateau du Labrador et de Terre-Neuve pour le reste de l'année, mais normal à au-dessus de la normale ailleurs dans la zone.
- Après un hiver froid et un réchauffement printanier tardif, les températures de surface ont atteint un record de série satellitaire (depuis 1985) en septembre dans le golfe du Saint-Laurent. Des records de séries ont aussi eu lieu en septembre dans l'Estuaire du Saint-Laurent et dans la partie ouest du Plateau néo-écossais (division 4X), et près d'un record dans la région de l'est du golfe du Maine–baie de Fundy. Le refroidissement automnal s'est produit deux semaines plus tard que la normale dans le golfe du Saint-Laurent.

Canada

- Le volume de glace moyenné sur toute la saison de glace était près de la normale dans le golfe du Saint-Laurent et sur le plateau de Terre-Neuve-et-du-Labrador, mais son étendue était au-dessus de la normale en mars et avril au large de la côte est de Terre-Neuve et du sud du Labrador, ainsi que dans le sud du golfe. Le couvert de glace a persisté jusqu'à 5 semaines de plus que la normale, perturbant le début de la pêche au crabe des neiges et du homard.
- La superficie printanière de la couche intermédiaire froide (CIF) était près du niveau record sur les Grands Bancs et est demeurée légèrement au-dessus de la normale en été, mais en automne elle était érodée sous la normale au large de la côte est de Terre-Neuve et était complètement disparue au large du sud du Labrador. Le volume de la CIF dans le golfe Saint-Laurent n'était pas au-dessus de la normale au printemps en dépit de l'hiver froid, et la CIF était chaude et mince dès le mois d'août. Le volume de la CIF en juillet sur le Plateau néo-écossais était le septième plus petit en 42 ans.
- Les températures au fond étaient généralement normales ou supérieures à la normale dans la zone, comprenant un niveau près du record dans la division 4V du Plateau néo-écossais et des températures à des niveaux record de 100 ans dans les eaux profondes du nord du golfe du Saint-Laurent. Les étendues au fond occupées par des températures > 6 °C sont à des niveaux record dans les chenaux Esquiman et Anticosti.
- Aux stations d'échantillonnage à haute fréquence, les températures moyennes 0-50 m étaient normales ou au-dessus des normales. Les températures au fond étaient sous la normale à la station 27, mais au-dessus de la normale aux autres stations (Halifax 2, Prince 5, vallée de Shediac et Rimouski). La température était à un niveau record de séries à la station Rimouski dans ces deux couches.
- La stratification était sous la normale à toutes les stations d'échantillonnage à haute fréquence sauf Halifax 2, et était à son niveau le plus bas de la série à la station vallée de Shediac.
- Les inventaires de nitrate sous la couche de surface sur le Plateau de Terre-Neuve-et-du-Labrador sont demeurés largement sous la normale en 2015, une poursuite du déclin qui a débuté en 2008/09. En revanche, les inventaires de nitrate sous la couche de surface dans le golfe du Saint-Laurent ont augmenté depuis 2010, avec des records de série dans les régions de l'est et du nord. Les inventaires de nitrate sous la couche de surface ont augmentés au-dessus de la normale sur le Plateau néo-écossais, mais ont baissé sous la normale dans la Baie de Fundy.
- Les inventaires de chlorophylle *a* sont demeurés faibles en 2015 sur le Plateau de Terre-Neuve-et-du-Labrador, poursuivant un patron qui a débuté en 2011. Les inventaires de chlorophylle *a* étaient près de la normale ou au-dessus de la normale ailleurs dans la zone, atteignant un record dans le nord-est du golfe Saint-Laurent.
- Le début de la floraison printanière de phytoplancton était tardif au travers une grande portion de la zone, probablement causée par le long hiver et la grande étendue du couvert de glace à la fin de l'hiver. Par contre, des floraisons printanières se sont produites tôt dans le nord-ouest du golfe Saint-Laurent et sur le Banc de Georges.
- L'ampleur de la floraison printanière était inférieure à la normale dans la majeure partie de la zone atlantique, sauf au nord du golfe Saint-Laurent, dans le Basin St-Anthony et sur le Banc de Georges.

- La durée de la floraison printanière était généralement inférieure à la normale dans la zone atlantique, sauf pour des records de longue durée dans les deux régions du nord du golfe Saint-Laurent.
- L'abondance de *Calanus finmarchicus* était en dessous ou bien en dessous de la normale dans une grande partie de la zone atlantique, à l'exception du Bonnet flamand, et a atteint des records de faibles abondances dans des régions du golfe Saint-Laurent et du Plateau néo-écossais.
- L'abondance de *Pseudocalanus* spp. était au-dessus de la normale au travers du Plateau de Terre-Neuve-et-du-Labrador et du golfe Saint-Laurent, mais près de la normale ou sous la normale sur le Plateau néo-écossais.
- L'abondance de copépodes a augmenté par rapport aux niveaux observés en 2014 dans la majorité de la zone, donnant généralement des conditions au-dessus de la normale. Les exceptions sont l'est et le nord-ouest du golfe Saint-Laurent où les abondances ont baissé sous les normales.
- Les taxons non-copépodes avaient des abondances au-dessus de la normale au travers de la zone, atteignant des niveaux record ou près des records dans plusieurs régions du golfe Saint-Laurent. Cela semble être la poursuite d'une tendance qui a commencé en 2010-12.
- L'indice de transport du courant du Labrador était près de la normale au large du Labrador et de Terre-Neuve et inférieure à la normale sur le talus néo-écossais.
- Dans la mer du Labrador centrale, la convection hivernale a atteint une profondeur maximale de 1850 m en 2015 alors que le maximum était de 1700 m en 2014.
- La convection hivernale en 2015 est la plus profonde depuis le record de 2400 m en 1994. Cette convection a produit la plus grande classe d'âge d'eau de la mer du Labrador (LSW pour Labrador Sea Water) des deux dernières décennies, et contient des concentrations élevées de gaz atmosphériques (oxygène, gazes anthropogènes, et dioxyde de carbone) qui se sont étendus à travers toute la masse d'eau (atteignant 1900 m à certains endroits).
- La variabilité interannuelle du contenu de chaleur de la mer du Labrador et le flux de chaleur cumulé à la surface durant les saisons de refroidissement indiquent que le refroidissement atmosphérique hivernal anormalement fort qui est associé à l'oscillation nord-atlantique continue d'être responsable de la convection récurrente dans la mer du Labrador.
- Les épisodes de convection profonde récurrente contribuent à la variabilité décennale des propriétés des masses d'eaux profondes, du transport profond dans l'Atlantique Nord subpolaire, et à la circulation méridienne de retournement de l'Atlantique.
- Des bandes de fortes abondances de phytoplancton ont été observées dans la portion est de la mer du labrador en 2015, et apparaissaient être aligné avec des gradients horizontaux de densité de l'eau de mer au travers la ligne AR7W.

INTRODUCTION

Mis en œuvre en 1998 (Therriault et al.1998), le PMZA vise à accroître la capacité de Pêches et Océans Canada à comprendre, à décrire et à prévoir l'état de l'écosystème marin, de même qu'à quantifier les changements observés quant aux propriétés physiques, chimiques et biologiques de l'océan. L'un des éléments essentiels du PMZA est l'évaluation annuelle des propriétés océanographiques physiques ainsi que de la répartition et de la variabilité des concentrations des sels nutritifs, du phytoplancton et du zooplancton.

Une description de la répartition spatio-temporelle des sels nutritifs dissous dans l'eau de mer (nitrates, silicates, phosphates) et de la concentration d'oxygène fournit des renseignements importants sur les mouvements des masses d'eau ainsi que sur la période et l'ampleur des cycles de production biologique, et sur les lieux où ils se manifestent. Une description de la répartition du phytoplancton et du zooplancton apporte quant à elle des renseignements importants sur les organismes qui forment la base du réseau trophique marin. Il est essentiel de comprendre les cycles de production du plancton pour appliquer une approche écosystémique à l'égard de l'évaluation des stocks et de la gestion des pêches.

L'information sur l'état de l'écosystème marin fournie par le PMZA est dérivée de données recueillies à partir d'un réseau de points d'échantillonnage (stations d'échantillonnage à haute fréquence, transects traversant le plateau continental, stations faites lors de relevés écosystémiques) dans chaque région (Québec, Maritimes, Golfe, Terre-Neuve-et-Labrador), qui sont échantillonnés à une fréquence allant d'à toutes les semaines jusqu'à une fois l'an (figure 1). Les paramètres échantillonnés visent à fournir des renseignements de base sur la variabilité naturelle des propriétés physiques, chimiques et biologiques du Plateau continental de l'Atlantique Nord-Ouest. Les relevés au chalut (écosystémiques) et l'échantillonnage sur des transects du plateau continental donnent des renseignements géographiques régionaux détaillés, dont la portée saisonnière est toutefois limitée. Des stations visitées régulièrement et qui sont placées dans des points stratégiques servent à compléter l'échantillonnage à grande échelle, en donnant des renseignements plus détaillés sur les changements temporels (saisonniers) observés quant aux propriétés de l'écosystème pélagique. Depuis 2015, l'évaluation annuelle des conditions océanographiques de la zone Atlantique inclue les observations de la Mer du Labrador fournies par le Programme de monitorage hors du plateau de la zone atlantique (PMZAO).

Les conditions environnementales sont généralement exprimées comme des anomalies, à savoir, les écarts de leur moyenne à long terme. Les conditions moyennes ou normales à long terme sont calculées lorsque possible pour la période de référence de 1981-2010 pour les paramètres physiques, et pour 1999-2010 pour les paramètres biochimiques. En outre, parce que ces séries ont différentes unités (°C, km^3, km^2, etc.), chaque série temporelle d'anomalies est normalisée en divisant par l'écart-type, qui est également calculé en utilisant les données de la période de référence, si possible. Cela permet une comparaison plus directe des différentes séries. Les données manquantes sont représentées par les cellules grises, les valeurs au sein de ± 0,5 écart-type de la moyenne pour les données physiques et ± 1/3 écart-type de la moyenne pour les données biochimiques sont considérées comme près de la normale et illustrées avec des cellules blanches, et les conditions correspondant à plus chaudes que la normale (des températures plus élevées, la réduction des volumes de glace ou des superficies et volumes d'eau froide) par des cellules rouges, avec des rouges plus intenses pour des conditions de plus en plus chaudes ou des inventaires plus élevés que la normale pour les variables biogéochimiques. De même, le bleu représente des conditions plus froides que la normale ou des inventaires plus basses que la normale pour les variables biogéochimiques. Des conditions supérieures à la normale en apports d'eau douce, de salinité ou de stratification sont illustrées en rouge, mais ne correspondent pas nécessairement à des conditions plus chaudes que la normale.

ÉVALUATION

Environnement physique

Voici un résumé des conditions océanographiques physiques observées au cours de l'année 2015 en ce qui concerne les eaux océaniques de l'est du Canada (figure 2), telles que détaillées dans trois rapports rédigés dans le cadre du PMZA (p. ex. Colbourne et al. 2015; Galbraith et al. 2015; Hebert et al. 2015).

Les températures de l'air étaient sous la normale dans la zone en hiver et au printemps, mais ont connu une transition vers des conditions au-dessus de la normale dès le mois d'août dans le golfe du Saint-Laurent et le Plateau néo-écossais, demeurant par la suite au-dessus de la normale à l'automne. Moyenné sur 13 stations météorologiques situées dans le golfe Saint-Laurent, le mois d'août a eu les températures de l'air les deuxièmes plus chaudes depuis 1873 (+ 2,1°C, + 2,8 écarts-types). Des records de température ont été enregistrés pour ce mois à Natashquan (depuis 1915, + 2,9°C, + 2,9 écarts-types), Baie-Comeau (depuis 1965, + 2,5°C, + 2,6 É.T.), et Charlottetown (depuis 1873, + 2,7°C, + 2,9 écarts-types). Parmi les stations sur le plateau néo-écossais, Yarmouth a aussi connu un record de température en août (depuis 1879, + 2,1°C, + 2,7 écarts-types). À Terre-Neuve-et-Labrador, St-John's a connu son mois de juillet le plus froid depuis 1962 (- 3,9°C, - 2,5 écarts-types). Les moyennes annuelles de température de l'air étaient sous la normale à Cartwright et à St-John's de - 1,6°C (- 1,2 écart-type) et - 0,6°C (- 1,2 écart-type) respectivement.

Les températures de surface de la mer étaient au-dessus de la normale en janvier et février dans les portions libres de glace de la zone, généralement près de la normale jusqu'en juin au travers de la zone, sous la normale sur les Plateaux de Terre-Neuve-et-du-Labrador pour le reste de l'année, mais normale ou au-dessus de la normale ailleurs (figures 3 à 6). Suivant un hiver et un printemps froids dans le golfe du Saint-Laurent, la température de surface a atteint un niveau record des données satellitaire en septembre (depuis 1985, + 1,8°C, + 2,3 écarts-types). Des records ont aussi eu lieu en septembre pour les régions de l'estuaire (+ 1,9°C, + 2,3 écarts-types) et l'ouest du Plateau néo-écossais (+ 2,6°C, + 2,4 écarts-types). Le refroidissement à l'automne s'est produit 2 semaines plus tard que la normale (+ 1,5 écart-type) dans le golfe du Saint-Laurent. Les températures de surface sont demeurées près de la normale à sous la normale dans les eaux de Terre-Neuve-et-Labrador.

Le débit d'eau douce dans le golfe du Saint-Laurent, particulièrement dans l'estuaire du Saint-Laurent, a une forte incidence sur les phénomènes de circulation, de salinité et de stratification (et donc sur les températures dans les couches supérieures) dans le golfe et, en raison du courant de la Nouvelle-Écosse, sur le Plateau néo-écossais. Le débit du fleuve Saint-Laurent était en baisse depuis le début des années 1970, mais semble de nouveau en hausse depuis 2001 (figure 7). Par contre le débit moyen était normal en 2015 (+ 0,0 écart-type), et la crue printanière était sous la normale (- 1,1 écart-type).

L'oscillation nord atlantique est un indice du forçage atmosphérique hivernal dominant sur l'océan Atlantique Nord. Elle influe sur les vents, la température de l'air, les précipitations et les caractéristiques hydrographiques de la côte est canadienne, soit directement ou par advection. Un indice positif est habituellement associé à de forts vents du nord-ouest, de l'air froid, des eaux de surface froides et de grands couverts de glace sur la mer du Labrador, avec un effet contraire lors d'indice négatif. La tendance des courants océaniques du nord vers le sud étend l'influence de l'oscillation nord-atlantique à l'intérieur du golfe du Saint-Laurent et sur le Plateau néo-écossais. En 2015, l'indice d'oscillation nord-atlantique était à un record de série de 120 ans (+ 2,0 écart-type), en accord avec les basses températures de l'air de l'hiver sur le

Plateau de Terre-Neuve-et-du-Labrador et dans le golfe du Saint-Laurent, la superficie de glace de mer au-dessus de la moyenne en mars et avril sur le plateau de Terre-Neuve-et-du-Labrador et du volume de la couche intermédiaire froide (CIF) estivale le plus élevé de 1985 sur les Grands Bancs. Par contre, le volume de glace était néanmoins près de la normale lorsque moyenné sur la saison et les conditions de la CIF étaient normales dès l'été.

Au cours de la dernière décennie, les volumes de glace sur le Plateau continental de Terre-Neuve-et-Labrador ainsi que dans le golfe du Saint-Laurent et le Plateau néo-écossais ont généralement été plus faibles que la normale et ont atteint un bas niveau record dans le golfe du Saint-Laurent en 2010 et sur le Plateau de Terre-Neuve-et-Labrador en 2011. En 2015, le volume de la glace de mer moyenné sur toute la saison est revenu à des conditions près de la normale sur le plateau de Terre-Neuve-et-Labrador (+ 0,0 écart-type) et dans le golfe du Saint-Laurent (+ 0,2 écart-type), bien que les étendues étaient au-dessus de la normale en mars et avril au large de la côte est de Terre-Neuve ainsi que dans le sud du golfe Saint-Laurent. La glace a persisté jusqu'à 5 semaines plus tard que la normale, perturbant le début de la pêche au crabe des neiges et du homard. La glace de mer exportée du Golfe vers le plateau néo-écossais a atteint le plus grand volume depuis 2003 (+ 1,3 écart-type).

De nombreux indices, provenant de sections océanographiques ou de relevés écosystémiques, sont utilisés pour caractériser la variabilité des volumes et des surfaces d'eau froide, ainsi que les températures au fond dans la région concernée par le PMZA (figure 7). Depuis une trentaine d'années, les corrélations les plus fortes entre les indices d'eau froide sont obtenues pour le sud du Plateau du Labrador, le nord-est du Plateau de Terre-Neuve et le nord des Grands Bancs, suivies par celles observées entre le golfe du Saint-Laurent et le Plateau néo-écossais. La superficie printanière de la CIF était près du niveau record sur les Grands Bancs et est demeurée légèrement au-dessus de la normale en été, mais en automne elle était érodée sous la normale au large de la côte est de Terre-Neuve et était complètement disparue au large du sud du Labrador. Similairement, le volume de la CIF dans le golfe Saint-Laurent était près de la normale jusque moyenné sur la saison, et la CIF était chaude et mince dès le mois d'août (- 1,5 écart-type). Ceci est en dépit d'un hiver froid. Le volume de la CIF en juillet sur le Plateau néo-écossais ($T < 4$ °C) était le septième plus petit en 42 ans (- 1,3 écart-type). Ainsi, un gradient nord-sud a de nouveau été observé dans les conditions de la couche intermédiaire froide.

Les températures au fond étaient à nouveau près de la normale ou supérieures à la normale dans la zone, atteignant des niveaux record dans le nord du Golfe à des profondeurs de plus de 100 m ainsi que dans la division 4V du Plateau néo-écossais (figure 7). Ceci est associé à des températures à des niveaux record de 100 ans dans les eaux profondes (150 à 300 m) dans le golfe du Saint-Laurent, toutefois cela représente une diminution de température sur le plateau de Terre-Neuve-et-Labrador dans les divisions 3LNO et 3K après des niveaux records qui avaient été enregistrés en 2011. Un record de série a été enregistré dans le nord du Golfe dans les eaux plus profondes (de profondeurs supérieures à 100 m ; + 3,1 écart-type) associé à une anomalie chaude observée pour la première dans le détroit de Cabot en 2010 et se propageant vers les têtes des chenaux, soutenue par une nouvelle intrusion chaude en 2012 et encore en 2015 (ce qui indique que la température moyenne des eaux profondes du Golfe devrait continuer à augmenter durant les 2 ou 3 prochaines années). Les étendues au fond occupées par des températures > 6 °C sont à des niveaux record dans les chenaux Esquiman et Anticosti.

La figure 8 montre les séries temporelles de trois indices composites construites par la somme d'anomalies normalisées représentant différentes profondeurs des eaux de la zone (figure 7), où chacune des anomalies est empilée l'une sur l'autre. La figure décrit les températures des eaux de surface et de fond, ainsi que des eaux intermédiaires froides et des glaces lesquelles

sont toutes formées en hiver. Ces composites reflètent l'état climatique du système où des valeurs positives représentent des conditions chaudes et inversement des valeurs négatives représentent des conditions froides (moins de glace et d'eaux intermédiaires froides sont traduites par des anomalies positives). La figure montre aussi le degré de cohérence entre les diverses variables et entre les diverses régions au travers de la zone. Les conditions en 2015 étaient près de la normale pour les températures de surface et de la couche intermédiaire froide, et au-dessus de la normale (+ 2,0 écarts-types) pour les températures des eaux profondes. Bien que globalement les températures des eaux profondes étaient les troisièmes plus élevées de la série, elles étaient localement les plus basses depuis les années 1990 dans plusieurs régions du Plateau de Terre-Neuve-et-du-Labrador.

En 2015, les températures moyennes annuelles de 0 à 50 m aux stations d'échantillonnage à haute fréquence étaient près de la normale à Halifax 2, et au-dessus de la normale aux autres stations (figure 9). Les températures au fond étaient sous la normale à la station 27, et au-dessus de la normale aux autres stations. La température était à un niveau record de séries à la station Rimouski dans ces deux couches (0 à 50 m et fond). Les anomalies annuelles 0-50 m de salinité étaient près de la normale à la Station 27 ainsi qu'à Halifax 2, et au-dessus de la normale aux autres stations. L'indice annuel de stratification 0-50 m était près de la normale à Halifax 2 et sous la normale aux autres les stations, atteignant un record inférieur de série à la station vallée de Shediac. Sur une grande échelle spatiale, la stratification sur le Plateau néo-écossais a continué de s'affaiblir en 2015 par rapport à 2013 en raison de températures de surface plus basses. Depuis 1948, il y a eu une augmentation de la stratification moyenne sur le Plateau néo-écossais, ce qui entraîne un changement dans la différence de densité entre 0 et 50 m de 0,36 kg m^{-3} au cours des 50 dernières années, principalement causée par une réduction de la densité de surface (84% de la variation totale de la densité), composée au deux tiers d'un réchauffement et du reste d'une baisse de salinité.

Un total de 44 indices répertoriés dans les figures 7 et 9 décrivent les conditions océaniques liées à la température dans la zone du PMZA (température de la surface de la mer; glace; surfaces, volumes et température minimale de la couche intermédiaire froide en été; température au fond; moyenne de température de 0 à 50 m). Parmi ceux-ci, 3 étaient inférieures à la normale, 18 étaient dans les valeurs normales et 23 étaient supérieures à la normale, indiquant une continuité des conditions océaniques chaudes en 2015 au travers de la majeure partie de la zone.

Indice du transport du courant du Labrador

L'indice de transport du courant du Labrador annuel moyen montre que le transport sur le talus du Labrador et du nord-est de Terre-Neuve n'est généralement pas en phase avec celui sur le talus du Plateau néo-écossais (figure 7). Le transport était plus fort au début des années 1990 et le plus faible dans le milieu des années 2000 sur le talus du Labrador et du nord-est de Terre-Neuve, et inversement sur le talus du Plateau néo-écossais. L'indice de transport du courant du Labrador était positivement et négativement corrélé avec l'indice hivernal de l'oscillation nord-atlantique (ONA) sur le talus du Labrador et du nord-est de Terre-Neuve et sur le talus du Plateau néo-écossais, respectivement. Au cours des quatre dernières années, le courant du Labrador était près de son transport normal. En 2015, son transport annuel moyen était près de la normale sur le talus du Labrador et du nord-est de Terre-Neuve et inférieure à la normale de 0,7 SD sur le talus du Plateau néo-écossais.

Environnement biogéochimique

Le phytoplancton est constitué de plantes microscopiques qui forment la base du réseau trophique aquatique similairement aux végétaux sur la terre. Il existe des différences de taille considérables selon les espèces. Les espèces les plus grandes font partie du groupe des diatomées, alors que les plus petites incluent principalement les flagellés. Le phytoplancton utilise la lumière pour fabriquer la matière organique à partir de dioxyde de carbone et des sels nutritifs dissous dans l'eau marine. Le taux de production de cette nouvelle matière organique dépend de la température et de la disponibilité de la lumière et des sels nutritifs. Le phytoplancton représente la principale source alimentaire de la partie animale du plancton, le zooplancton. Dans les eaux du Plateau continental, le nitrate est normalement le sel nutritif qui limite la croissance du phytoplancton dans les circonstances où la lumière est abondante. Dans la plupart des eaux marines, l'abondance des cellules de phytoplancton explose au printemps et à l'été, ce qui constitue la floraison printanière, alors qu'une prolifération moins prononcée a lieu en automne dans certaines régions lorsque la stratification de la colonne d'eau diminue. Les organismes zooplanctoniques qui dominent les océans sont les copépodes. Ils constituent le lien essentiel entre le phytoplancton et les organismes de plus grande taille tels que les poissons. Les larves de copépodes (nauplii) sont la principale proie des jeunes poissons, alors que les stades de copépodes plus âgés (copépodites) composent le menu des plus gros poissons, principalement les juvéniles et adultes d'espèces pélagiques comme le capelan, le lançon et le hareng.

Plusieurs indices environnementaux représentant les teneurs en nitrate, biomasse de phytoplancton, les caractéristiques de la floraison printanière déterminée à partir d'observations par satellites, et de l'abondance du zooplancton du Plateau de Terre-Neuve et Grands Bancs (Pepin et al. 2015), golfe du Saint-Laurent (Devine et al. 2015) et Plateau néo-écossais (Johnson et al. 2016) sont présentés sous forme de séries temporelles (1999 à 2015) dans un tableau synoptique dans les figures 10 à 12.

Contrairement aux données océanographiques physiques du PMZA, les séries temporelles des variables biogéochimiques du programme couvrent une période d'une durée relativement courte caractérisée par une plus forte variabilité interannuelle que les patrons à long terme observés pour l'environnement physique. Le changement moyen maximal absolu observé d'une année à l'autre dans l'ensemble des sections et des sites d'échantillonnage à haute fréquence est d'environ 3,5 écart-type pour les sels nutritifs et le phytoplancton, mais 5,5 écart-type pour le zooplancton. La variation interannuelle maximale de l'abondance du zooplancton a augmenté de 3,7 écart-type en 1999-2010 à 5,5 écart-type en 1999-2015, indiquant que des changements plus extrêmes de ce niveau trophique sont observés avec l'allongement de la série temporelle. On observe une tendance commune dans la variation des variables biogéochimiques au sein des régions, ainsi que des signes d'anomalies qui tendent à persister pendant plusieurs années. Cependant, une variabilité considérable a aussi été observée dans certains cas dans les différents secteurs d'une même région.

Les inventaires des sels nutritifs sous la couche de surface (50-150 m) dans la région de Terre-Neuve-et-du-Labrador demeurent considérablement sous la normale en 2015, continuant un patron qui a commercé en 2008/09 (figure 10). Par contre, les inventaires des sels nutritifs sous la couche de surface dans le golfe du Saint-Laurent ont continués au-dessus de la normale, atteignant des niveaux record dans l'est et le nord du golfe (figure 10). Les inventaires en sels nutritifs ont augmentés au-dessus de la normale sur le Plateau néo-écossais, alors qu'ils ont diminué au-dessous de la normale dans la baie de Fundy.

Les concentrations en chlorophylle *a* (de 0 à 100 m; figure 10), un indice commun de la biomasse phytoplanctonique, démontrent un fort degré de variabilité d'une année à l'autre avec des valeurs exceptionnelles au-dessus et sous la moyenne à long terme. On observe une cohérence limitée de la variabilité de la chlorophylle à l'échelle de la zone atlantique jusqu'à tout récemment. En effet, les concentrations de chlorophylle sont restées faible en 2015 sur l'ensemble du Plateau de Terre-Neuve-et-du-Labrador, poursuivant une tendance qui a commencé en 2011 (figure 10). Les inventaires de chlorophylle étaient près ou supérieures à la normale dans le reste de la zone, avec un inventaire élevé record dans l'est du golfe du Saint-Laurent. Étant donné que le phytoplancton dépend de la disponibilité des sels nutritifs, il est tentant de vouloir lier les tendances de variation de ces deux variables, mais le résultat d'une telle comparaison dans la totalité de la zone atlantique indique qu'il n'y a pas de lien significatif entre les concentrations en nitrates et de phytoplanctons à l'échelle annuelle. Ce résultat n'indique pas que les variations observées à l'échelle locale dans le cycle de production saisonnier du phytoplancton ne sont pas liées à la disponibilité des sels nutritifs, mais plutôt que de nombreux facteurs sont susceptibles d'influencer la dynamique sels-nutritifs-phytoplancton. L'importance relative de ces facteurs est susceptible de varier à une échelle spatiale très vaste (du golfe du Maine au sud du Labrador) qui comprend des environnements estuariens et océaniques.

Les caractéristiques de la floraison printanière (c.-à-d. début de la floraison, abondance intégrée de phytoplancton et la durée de la floraison) ont été dérivées d'observations composites hebdomadaires de la concentration de la chlorophylle à la surface de l'océan basée sur des observations satellites (Sea-Viewing Wide Field-of-View Sensor [SeaWiFS] 1998-2008; Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer [MODIS] 2009-present) (figure11). Le début de la floraison printanière a été plus tard que la normale dans une grande partie de la zone en 2015, probablement en raison d'un hiver prolongé et une 'étendue de la glace supérieure à la normale. Une floraison hâtive a eu lieu dans le nord-ouest du golfe du Saint-Laurent et sur le Banc de Georges. L'abondance intégrée de la floraison printanière était bien en dessous de la normale dans une grande partie de la zone, sauf dans les parties nord du golfe du Saint-Laurent, du bassin Saint-Antoine et du Banc de Georges. La durée de la floraison était généralement plus courte que la normale dans la majeure partie de la zone; cependant un record de longueur a eu lieu dans le nord du golfe du Saint-Laurent.

Les indices d'abondance du zooplancton avaient tendance à démontrer une cohérence temporelle plus élevée au sein des régions par rapport à la biomasse de la chlorophylle. Les populations de mésozooplancton échantillonnées dans le cadre du PMZA (d'une taille variant de 0,2 à 20 mm) dans une région donnée présentaient potentiellement un degré élevé de connexion aux zones adjacentes, ces organismes étant fortement influencés par les effets des courants océaniques. En 2015, les indices d'abondance du zooplancton ont démontré une forte cohérence à grande échelle spatiale (figure 12). L'abondance des copépodes ont démontrés des augmentations modestes 2014-15, conduisant à des concentrations supérieures à la moyenne dans la majeure partie de la zone, à l'exception des parties est et nord du golfe du Saint-Laurent où les abondances ont diminué au-dessous de la normale. L'abondance de *Calanus finmarchicus* était sous de la normale dans toute la zone Atlantique, a l'exception de la section du Bonnet Flamand, et l'abondance de *C. finmarchcus* a atteint les plus bas record dans certaines parties du golfe du Saint-Laurent et sur le Plateau néo-écossais. L'abondance de *C. finmarchicus* a été inférieure à la normale au cours des six dernières années sur le Plateau néo-écossais et dans le golfe du Saint-Laurent alors que l'abondance a diminué plus ou moins régulièrement le Plateau de Terre-Neuve et les Grands Bancs au cours de la même période. L'abondance de *Pseudocalanus* spp., une proie importante pour de nombreuses espèces de jeunes poissons, était bien au-dessus de la normal sur le Plateau Terre-Neuve-et-du-Labrador

ainsi que dans le golfe du Saint-Laurent et près de ou sous de la normale sur le Plateau néo-écossais.

Les zooplanctons autre que les copépodes, ou non-copépodes, se compose principalement de stades larvaires d'invertébrés benthiques ainsi qu'un grand nombre de carnivores qui se nourrissent d'autres types de zooplancton. En 2015, l'abondance de ce groupe était au-dessus de la normale à travers la majorité de la zone, et a atteint des niveaux record or près des records dans le golfe du Saint-Laurent. Différents groupes taxonomiques ont contribué à l'augmentation de l'abondance des non-copépodes; par exemple les gastropodes pélagiques sur le Plateau néo-écossais, et tuniciers, larves de bivalves et polychètes, ostracodes et cladocères dans le golfe du Saint-Laurent. Les non-copépodes ont montrés une tendance générale vers une plus grande abondance au large de Terre-Neuve-et-du-Labrador ainsi que dans le golfe du Saint-Laurent au cours des six dernières années tandis que les anomalies d'abondance sur le plateau néo-écossais ont été principalement positives depuis 2012.

Les espèces zooplanctoniques sous-dominantes et rares associés à des habitats particuliers ou des cycles de vie particuliers peuvent servir d'indicateurs de changements dans l'environnement et l'écosystème. Des exemples de ces espèces indicatrices comprennent des copépodes subtropicales et cosmopolites hors-plateau, des espèces d'eau froide/arctique, des espèces d'eau chaude/d'été-automne du plateau continental, et copépodes d'eau profonde. En 2015, dans le golfe du Saint-Laurent l'abondance des espèces d'été-automne du plateau continental (*Centropages* spp. et *Paracalanus* sp.) ainsi que des copépodes associées aux eaux chaudes et profondes (*Metridia lucens*) étaient tous les deux au-dessus de la normale, ce qui reflète probablement les conditions très chaudes observées dans le couches d'eau superficielles et profondes dans la région. A l'inverse, les espèces d'eau froide/arctique tels que *Calanus glacialis* et *Metridia longa* étaient généralement moins abondantes que la normale dans toute la région en 2015. Sur le plateau néo-écossais en 2015, les abondances d'espèces cosmopolites (*Oithona atlantica*) et subtropicales/hors-plateau ainsi que les copépodes eau chaude/d'été-automne (*Centropages* spp., *Paracalanus* sp., et *Temora longicornis*) étaient plus élevés que la normale, tandis que les espèces d'eau froide/arctique étaient inférieure à la normale. Les abondances plus élevées d'espèces d'eau chaude/hors-plateau sur le Plateau néo-écossais suggère que des changements dans la communauté zooplanctonique reflètent des changements dans le transport des courants en direction du plateau continental, en plus des changements locaux dans les conditions océanographiques.

Les tendances des variations de l'abondance des copépodes et des non-copépodes démontrent une association statistiquement significative représentant environ 25 % ($r=0.49$) de la variation totale. Jusqu'en 2011, les tendances relatives de variation de ces deux groupes ont suivi une progression régionale des anomalies ayant pour origine des secteurs les plus au nord de la zone Atlantique, soit la section de l'île Seal au Labrador (voir l'anomalie négative dans le coin supérieur droit de la figure 12), en passant par Terre-Neuve et jusqu'au nord du golfe du Saint-Laurent; par la suite, les anomalies semblent avoir progressé au sud du golfe et vers le Plateau néo-écossais (figure 13). Bien que la tendance générale varie considérablement, les anomalies normales ou positives ont persisté dans la plupart des secteurs de Terre-Neuve et du golfe du Saint-Laurent après qu'on y ait observé des abondances sous la normale de 1999 à 2001 et de 1999 à 2004 respectivement. Les conditions sur le Plateau néo-écossais diffèrent de celles liées au Plateau de Terre-Neuve. En effet, de 1999 à 2001, le Plateau néo-écossais a montré des abondances élevées de zooplancton qui étaient par la suite en dessous de la moyenne 1999-2010 jusqu'en 2013, année durant laquelle l'abondance du zooplancton semblait être près ou légèrement au-dessus de la normale.

Environnement de la mer du Labrador

Le Programme de monitorage hors du plateau de la zone atlantique fournit des observations de la variabilité du climat océanique et le plancton affectant le climat et les écosystèmes de l'Atlantique canadien et le système climatique mondial. Dans la mer du Labrador, les pertes de chaleur en hiver sont un processus clé dans la formation des eaux denses, qui conduisent la circulation mondiale océan. Au cours de l'hiver 2014-15, les mi-hautes latitudes de l'Atlantique Nord ont connu la perte de chaleur la plus forte depuis 1979, surtout forcée par de forts vents du nord et de l'ouest. Cette perte de chaleur de l'océan à l'atmosphère a conduit à la formation du plus important volume d'eau de la mer du Labrador (LSW pour Labrador Sea Water) depuis 1994. La profondeur de la couche de mélange hivernale, et donc la profondeur de la convection, a dépassé 1800 m en 2015 alors que le maximum avait été de 1700 m en 2014 (figure 14). Cette nouvelle LSW est associée à une couche à basse température (< 3,3 °C) et salinité (< 34,85) au-delà de 1000 m. La convection hivernale de cette année est la plus profonde depuis le record de 2400 établi en 1994, et les eaux formées en 2015 ayant le plus grand volume observé en dehors du début des années 1990. Ce réservoir rempli de LSW nouvellement ventilé, froid et de faible salinité (figure 14), est riche en dioxyde de carbone et d'autres gaz dissous, suggérant que la forte convection de 2014-15 a entrainé l'augmentation des taux de capture de gaz (oxygène dissous, gaz anthropique et dioxyde de carbone) dans la mer du Labrador qui se sont ensuite répandus à des profondeurs encore plus grandes que 1800 m.

D'une manière similaire au dernier épisode de renouvellement de LSW (en hiver 2007-08), le mélange profond et intense durant deux hivers consécutifs, 2013-14 et 2014-15, a interrompu la tendance générale au réchauffement qui a persisté dans les eaux intermédiaires de la mer du Labrador depuis le milieu des années 1990.

La variabilité interannuelle du contenu de chaleur de la mer du Labrador et le flux de chaleur cumulé à la surface durant les saisons de refroidissement indiquent que le refroidissement atmosphérique hivernal anormalement fort qui est associé à l'oscillation nord-atlantique continue d'être responsable de la convection récurrente. Les épisodes de convection profonde récurrente contribuent à la variabilité décennale des propriétés des masses d'eaux profondes, du transport profond dans l'Atlantique Nord subpolaire, et potentiellement de la circulation méridienne de retournement de l'Atlantique.

Les propriétés océaniques et atmosphériques physiques extrêmes de l'hiver et printemps 2014-15 ont également eu des répercussions profondes sur les propriétés biologiques de la mer du Labrador. En particulier, des bandes de fortes abondances de phytoplancton ont été observées dans la portion est de la mer du labrador en 2015, et apparaissaient être aligné avec des gradients horizontaux de densité de l'eau de mer au travers la ligne AR7W.

Une climatologie bimensuelle de chlorophylle *a* construit à partir d'une série temporelle de couleur de l'océan par télédétection 2003-15 indique que la floraison printanière annuelle de phytoplancton commence et se termine plus tôt sur le plateau continental du Labrador et du Groenland (mi-avril à début juin) par rapport à la partie centrale du bassin de la mer du Labrador (début mai à fin juin). Cependant, en 2015 l'initiation de la floraison printanière s'est produite plus tôt sur le plateau du Groenland et la partie centrale du bassin, c'est-à-dire en début mai. La floraison était généralement de courte durée, mais très intense, dans le bassin central. Il en est résulté des abondances de chlorophylle normales ou au-dessus de la normale en 2015 pour les trois régions de la Mer du Labrador (figure 15).

Calanus finmarchicus domine la biomasse de mésozooplancton dans toute la région centrale de la mer du Labrador, tandis que sur les plateaux continentaux l'abondance de *C. finmarchicus*

démontre des variations régionales qui sont généralement stables d'année en année et qui sont liés aux différences régionales du cycle de vie et des conditions environnementales. Les *Calanus* spp. et autres copépodes ont possiblement bénéficiés de l'abondance de la chlorophylle durant l'entièreté de la saison de croissance (figure 15). Des estimés d'abondances plus faibles que la normale en mai au travers de la Mer du Labrador sont probablement attribuables à la présence d'une floraison importante de *Phaeocystis* spp. qui ont bloqué les filets à la plupart des stations le long de la section AR7W.

En résumé, les importantes pertes de chaleur hivernales de 2013-14 et 2014-15 ont été remarquables en ampleur et quant à leurs en impacts sur les bassins subpolaires et leurs écosystèmes. De plus, nous pouvons mesurer l'impact de ces propriétés sur les conditions biologiques de la mer du Labrador en remontant jusqu'au niveau trophique inférieur. Par contre, les mécanismes derrière la réponse biologique en 2015 étaient possiblement différents que ceux qui ont eu lieu lors des événements de convection profonde de 2007-08 et 2013-14.

Sources d'incertitude

Dans l'Atlantique nord-ouest, les patrons spatiaux et saisonniers des variables océanographiques physiques, chimiques et biologiques surveillées dans le cadre du PMZA sont demeurés relativement constants depuis le lancement du programme. Bien qu'il y ait des variations saisonnières relatives à la répartition des masses d'eau, des plantes et des animaux, ces variations affichent des patrons généralement prévisibles. Toutefois, il existe une incertitude considérable à l'égard des estimations de l'abondance générale du phytoplancton et du zooplancton. Cette incertitude est causée en partie par le cycle de vie des animaux, leur répartition éparse dans un espace donné et la portée limitée du programme de surveillance au sein de la région concernée.

Les variables océanographiques physiques (température, salinité) et chimiques (sels nutritifs, oxygène dissous) sont échantillonnées de façon adéquate puisqu'elles présentent des propriétés plutôt conservatrices qui sont peu susceptibles de montrer des changements précipités sur le plan spatial ou temporel. De plus, la mesure de ces variables est effectuée selon un bon degré de précision. La seule exception s'applique aux eaux superficielles, où les changements rapides survenant dans l'abondance du phytoplancton peuvent causer rapidement l'appauvrissement des sels nutritifs, surtout lors de la prolifération printanière.

La plus grande source d'incertitude découle de nos estimations relatives à l'abondance du phytoplancton en raison des difficultés liées à la description des variations de la date, de l'ampleur et de la durée de la prolifération printanière du phytoplancton d'une année à l'autre. Selon des échelles temporelles s'étendant de quelques jours à plusieurs semaines, l'abondance du phytoplancton peut changer rapidement. Puisque notre échantillonnage est limité dans son intervalle, est parfois interrompu en raison des intempéries atmosphériques, ou limité par la non-disponibilité des navires, ce qui se produit souvent au cours de l'échantillonnage à nos stations fixes en hiver, il est possible que le phytoplancton et d'autres variables importantes ne soient pas échantillonnés de façon adéquate. De plus, les variations relatives à la date de la floraison printanière du phytoplancton dans l'ensemble de la zone en relation avec les dates des relevés océanographiques effectués au printemps peuvent limiter notre capacité à déterminer, d'une année à l'autre, les variations liées à l'abondance maximale du phytoplancton. En revanche, nous sommes davantage en mesure de décrire, d'une année à l'autre, les variations relatives à l'abondance des espèces dominantes de zooplancton puisque leur cycle saisonnier se déroule selon des échelles temporelles s'étendant de quelques semaines à plusieurs mois en raison de la longue durée de génération relative au phytoplancton. Cependant, la répartition spatiale du zooplancton varie davantage. Bien que l'on arrive à

évaluer correctement les variations interannuelles de l'abondance des groupes dominants tels les copépodes, on ne peut actuellement estimer avec confiance les variations de l'abondance d'espèces rares, éparses ou éphémères.

Dans plusieurs secteurs, l'occupation des lieux d'échantillonnage (sites fixes) à haute fréquence est particulièrement limitée durant l'hiver et au début du printemps, c'est pourquoi il nous arrive de ne pas être témoins d'événements majeurs au cours du cycle saisonnier (p. ex., le début de la prolifération printanière du phytoplancton). De plus, les réductions dans le calendrier de sortie des navires dans les régions ont également réduit le nombre d'observations complètes à certains sites.

CONCLUSION

Bien que les conditions océanographiques se soient réchauffées avant la mise en oeuvre du PMZA, les températures de l'eau augmentent davantage depuis quelques années. Les températures de surface ont atteint des valeurs record dans toute la zone à l'été 2012. Elles étaient au-dessus de la normale suite au printemps 2015 dans l'Estuaire du Saint-Laurent et sur le Plateau néo-écossais, atteignant des records en septembre dans l'Estuaire ainsi que dans la partie ouest du Plateau néo-écossais (division 4X). Le plateau de Terre-Neuve et le Plateau du Labrador ont par contre connu des températures de surface qui ont été respectivement près de la normale et sous la normale moyennée sur les mois libres de glace. De 2010 à 2013, la couverture de glace avait été inférieure à la normale et les conditions de la CIF avaient été uniformément chaudes à travers la zone; mais l'hiver froid de 2014 a poussé les conditions de la CIF à un niveau plus froid que la normale à normale sur le plateau de Terre-Neuve-et-Labrador ainsi que dans le golfe du Saint-Laurent en 2014. L'hiver froid de 2015 sur le Plateau du Labrador et dans le golfe Saint-Laurent a quant à lui conduit à un couvert de glace près de la normale, ainsi qu'à des conditions de la CIF en été 2015 qui étaient aussi près de la normale dans ces régions. Le volume de la CIF ($T < 4°C$) sur le Plateau néo-écossais était relativement petit (correspondant à des conditions chaudes) avec la septième valeur la plus faible de la série temporelle, associée au transport d'eaux chaudes et salées en provenance du large des côtes. Un gradient nord-sud des conditions de CIF a donc été observé. Les températures au fond étaient normales à supérieures à la normale dans toute la zone avec des niveaux quasi records enregistrés dans la division 4V du Plateau néo-écossais (également associé au transport d'eaux chaudes et salées en provenance du large des côtes), ainsi qu'un record centenaire dans les eaux profondes du Nord du golfe du Saint-Laurent associé à une anomalie chaude observée pour la première dans le détroit de Cabot en 2010 et qui se propage vers la tête des chenaux.

Les variations des variables biogéochimiques semblent dominées par les fluctuations à court terme, parce que l'échantillonnage a été lancé seulement en 1999. L'état actuel de l'environnement biogéochimique semble démontrer une certaine structuration spatiale, avec des stocks de sels nutritifs étant proche de la normale sur le plateau néo-écossais, généralement supérieures à la normale dans le golfe du Saint-Laurent et bien en dessous de la normale dans la plupart du plateau terre-neuvien. L'abondance du phytoplancton était normale ou légèrement au-dessus de la normale dans le golfe du Saint-Laurent et le Plateau néo-écossais, et considérablement en-dessous de la normale sur plateau de Terre-Neuve-et-Labrador. L'abondance des différents groupes de zooplancton a également démontré une forte structure spatiale dans les patrons de variation. L'abondance du gros copépode *Calanus finmarchicus* était considérablement en dessous de la normale dans toute la zone de l'Atlantique tandis que l'abondance du petit copépode *Pseudocalanus* spp. était supérieure à la normale sur le plateau Terre-Neuve et dans le golfe du Saint-Laurent. L'abondance des taxons non-copépodes était

au-dessus de la normale dans toute la zone, ce qui représente une expansion spatiale des conditions au-dessus de la normale par rapport à 2014.

Au centre de la mer du Labrador, la couche mixte hivernale et le renversement convectif ont atteint une profondeur maximale de 1700 m, sans doute la plus profonde depuis le record de 2400 m en 1994, et la résultante classe d'âge eau de mer du Labrador est l'une des plus importantes jamais observées en dehors du début des années 1990. L'abondance des copépodes dans la mer du Labrador continue à être sous la normale, poursuivant une tendance qui a commencé en 2013.

SOURCES DE RENSEIGNEMENTS

Le présent avis scientifique découle de la dix-huitième réunion annuelle du Programme de Monitorage de la Zone Atlantique (PMZA) tenue du 15 au 18 mars 2015. Toute autre publication découlant de cette réunion sera publiée, lorsqu'elle sera disponible, sur le calendrier des avis scientifiques de Pêches et Océans Canada.

Colbourne, E., Holden, J., Senciall, D., Bailey, W., Craig, J. and Snook, S. 2015. Physical Oceanographic Conditions on the Newfoundland and Labrador Shelf during 2014. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2015/053. v + 37 p.

Devine, L., Plourde, S., Starr, M., St-Pierre, J.-F., St-Amand, L., Joly, P. and Galbraith, P. S. 2015. Chemical and Biological Oceanographic Conditions in the Estuary and Gulf of St. Lawrence during 2014. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2015/071. v + 46 p.

Galbraith, P.S., Chassé, J., Nicot, P., Caverhill, C., Gilbert, D., Pettigrew, B., Lefaivre, D., Brickman, D., Devine, L., and Lafleur, C. 2015. Physical Oceanographic Conditions in the Gulf of St. Lawrence in 2014. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2015/032. v + 82 p.

Hebert, D., Pettipas, R., Brickman, D., and Dever, M. 2015. Meteorological, Sea Ice and Physical Oceanographic Conditions on the Scotian Shelf and in the Gulf of Maine during 2014. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2015/040. v + 49 p.

Johnson, C., Casault, B., Head, E., and Spry, J. 2016. Optical, Chemical, and Biological Oceanographic Conditions on the Scotian Shelf and in the Eastern Gulf of Maine in 2014. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2016/003. v + 51 p.

Pepin, P., Maillet, G., Fraser, S., Shears, T., and Redmond, G. 2015. Optical, chemical, and biological oceanographic conditions on the Newfoundland and Labrador Shelf during 2013. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2015/027. v + 37 p.

Therriault, J.-C., Petrie, B., Pepin, P., Gagnon, J., Gregory, D., Helbig, J., Herman, A., Lefaivre, D., Mitchell, M., Pelchat, B., Runge J. and D. Sameoto. 1998. Proposal for a northwest Atlantic zonal monitoring program. Can. Tech. Rep. Hydrogr. Ocean Sci. 194: vii+57p.

ANNEXE

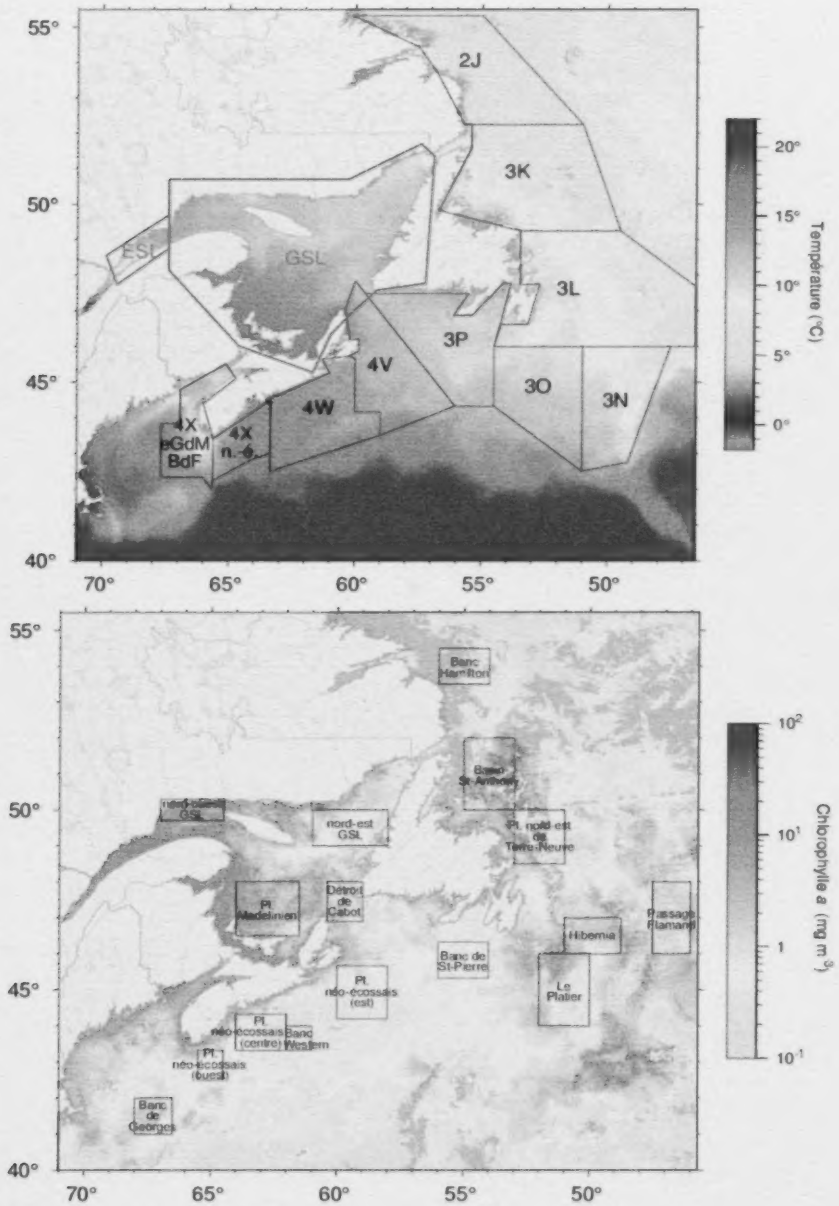

Figure 3. Régions utilisées pour les moyennes de température (haut) et de couleur de l'eau (bas). Les Divisions l'OPANO ont été coupées au talus continental. Les anonymes GSL et ESL sont le golfe Saint-Laurent et l'estuaire du Saint-Laurent respectivement. Le champ de température est celui de juillet 2015 tandis que la concentration de chlorophylle a est pour la première demie de mai 2015, rappelant que certaines parties de la zone sont encore couvertes de glace tandis que la floraison se déroule ailleurs.

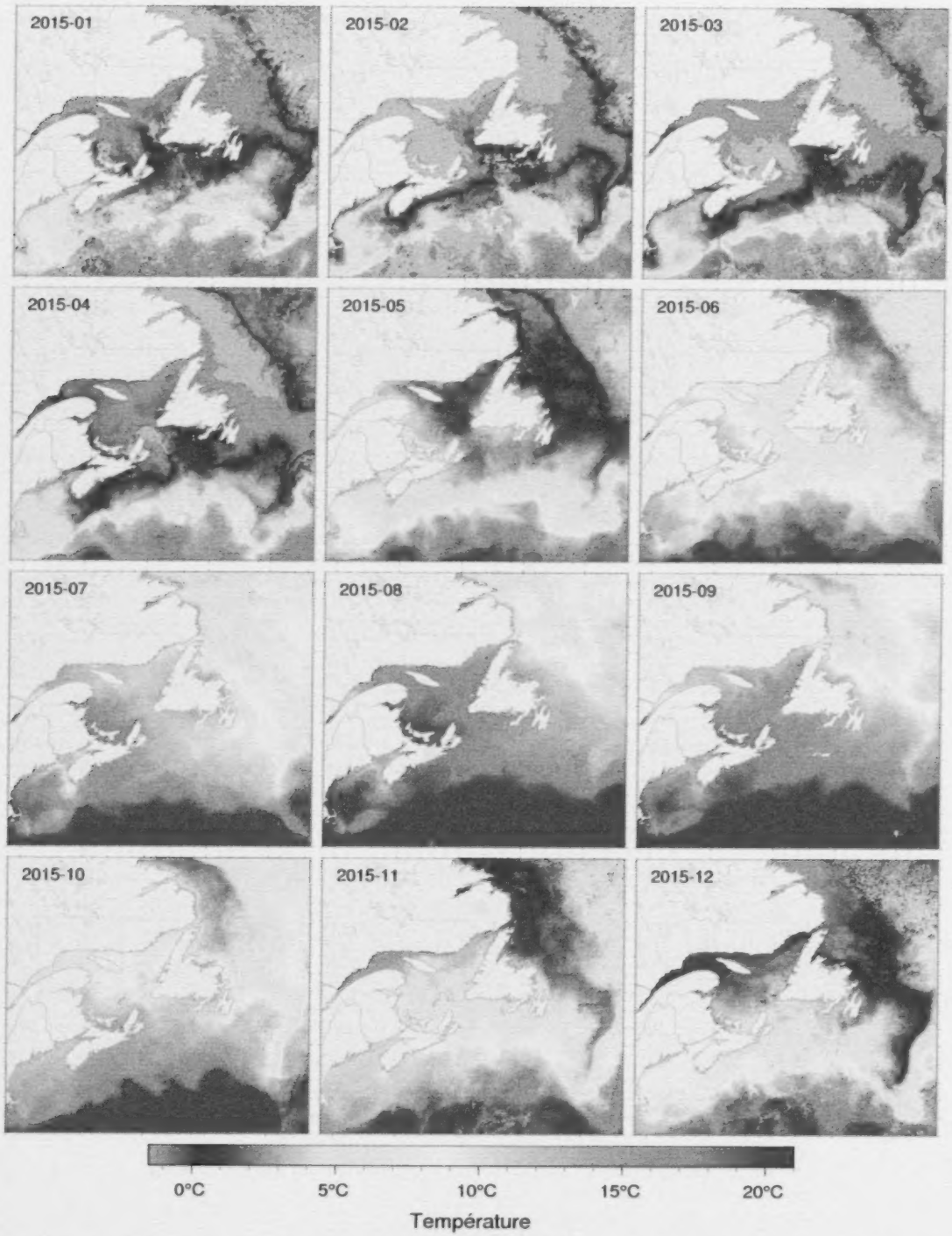

Figure 4. Température de la surface de la mer moyennée par mois de 2015 dans la zone atlantique.

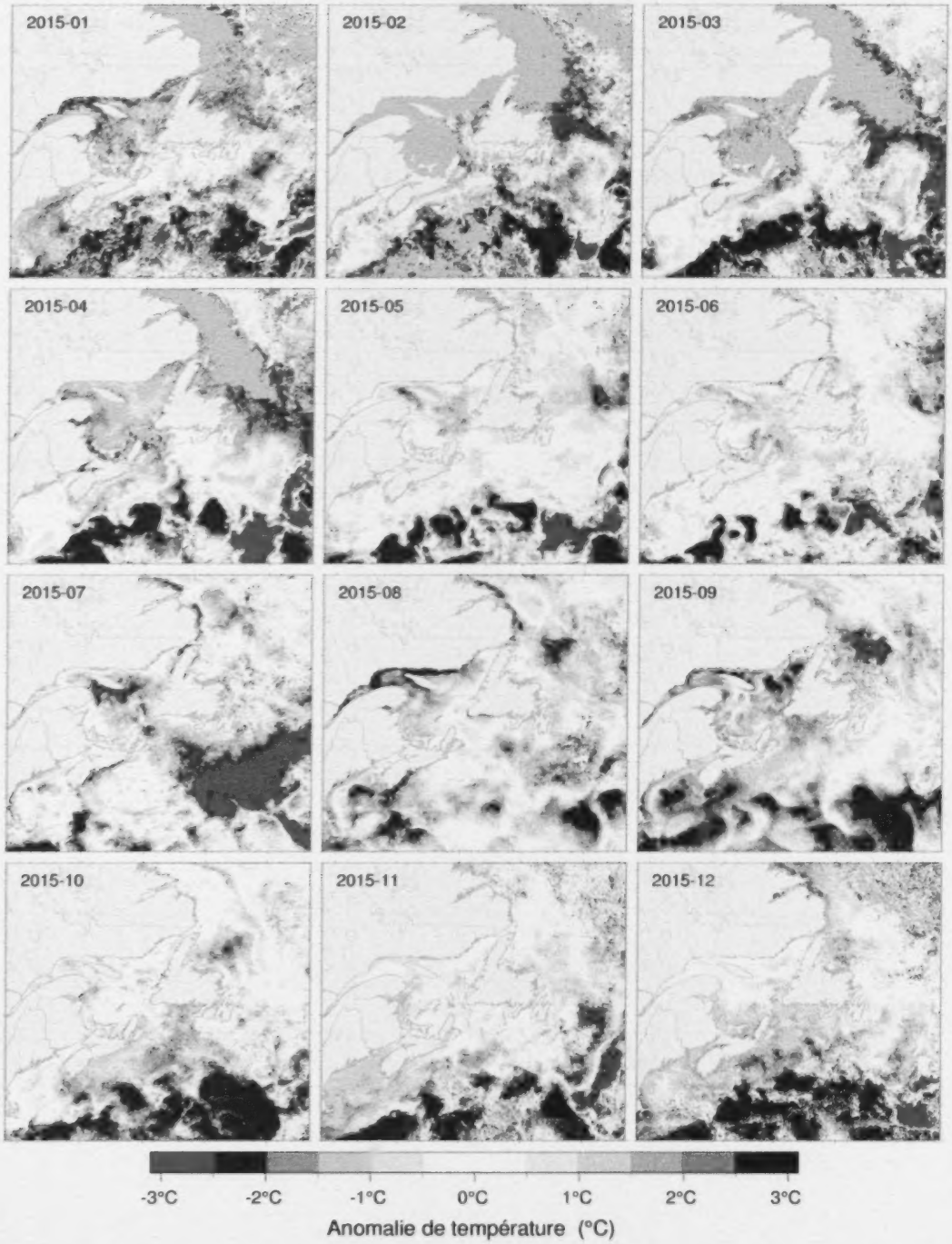

Figure 5. Anomalies mensuelles de température de la surface de la mer en 2015 dans la zone atlantique. Les anomalies de température sont basées sur une climatologie de 1985-2010.

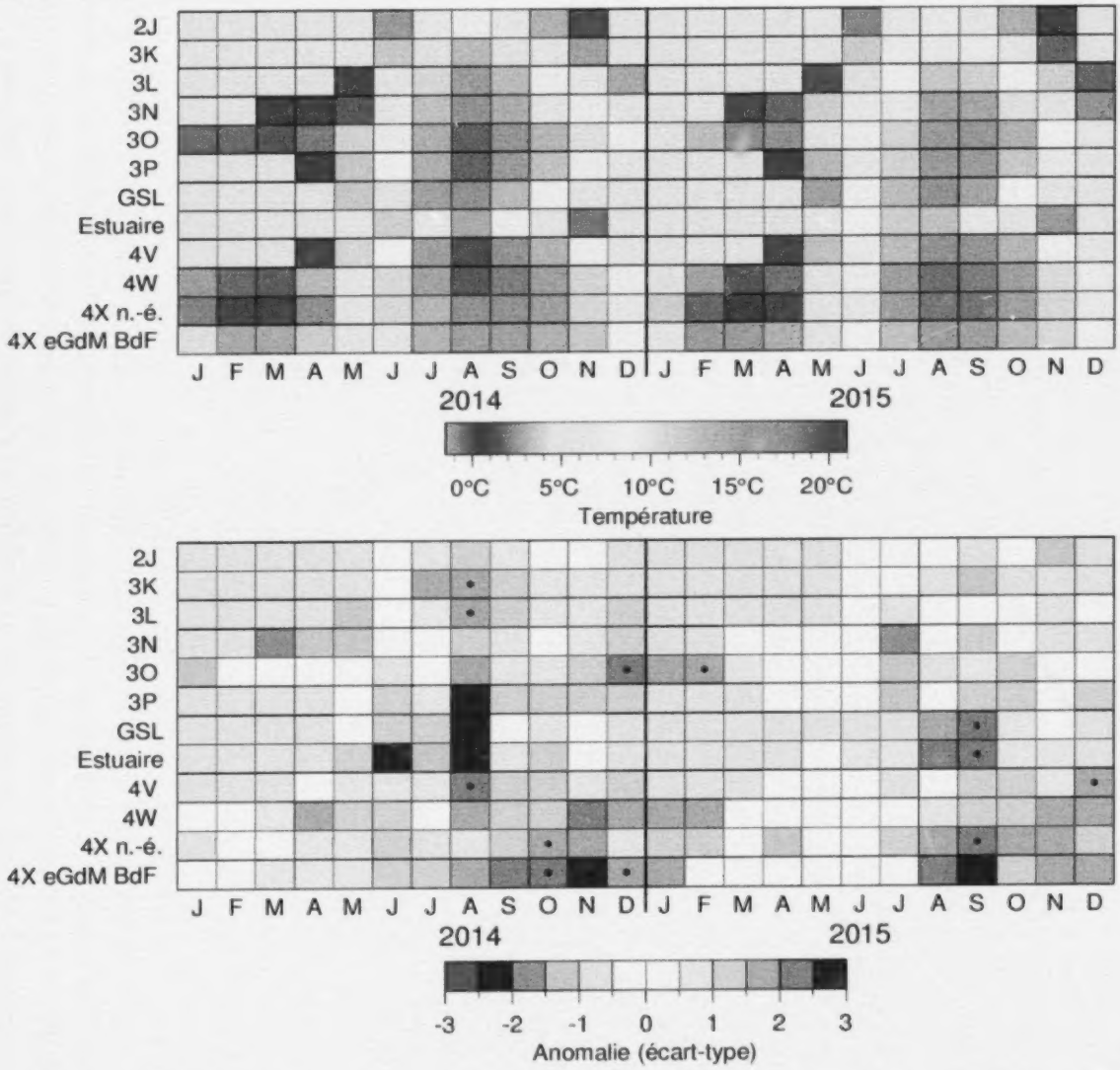

Figure 6. Températures (haut) et anomalies (bas) de la surface de la mer en 2014-15 moyennées mensuellement sur les 12 régions identifiées à la figure 3. Les régions et mois pour lesquels la température moyenne était à un niveau record sont identifiés par une étoile.

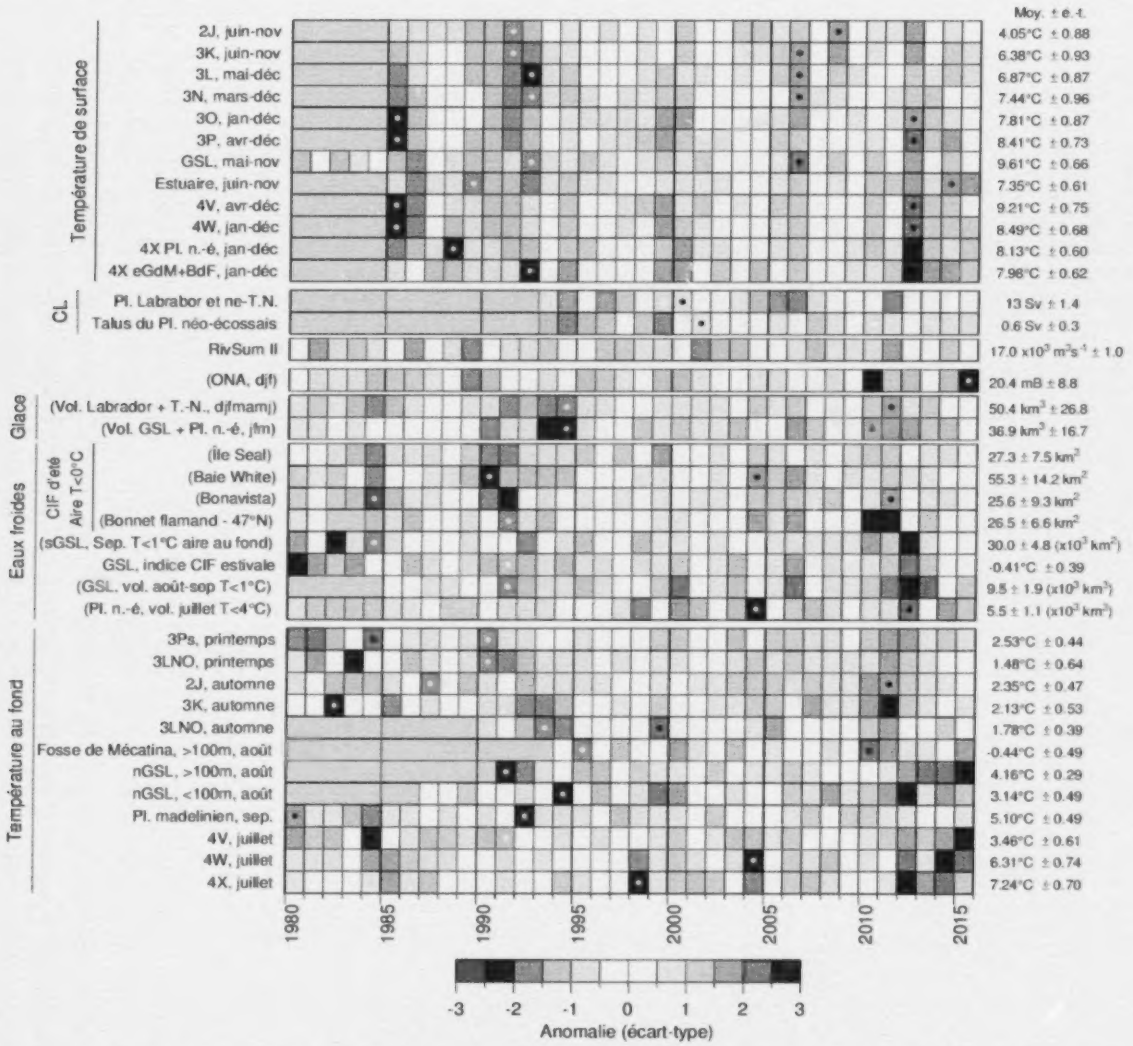

Figure 7. Séries temporelles (de 1980 à 2015) des variables océanographiques. Une cellule grise indique une donnée manquante, une cellule blanche une valeur entre 0,5 écart-type de la moyenne à long terme calculé, lorsque possible, sur les données de 1981 à 2010. Les cellules rouges indiquent des conditions plus élevées que la normale, les cellules bleues plus basses que la normale. Les variables dont les noms apparaissent entre parenthèses ont un code de couleur inversé, où le rouge signifie une valeur basse qui correspond à des conditions chaudes. Les teintes plus fortes correspondent aux plus grandes anomalies. Les minimums et maximums des séries temporelles sont indiqués par des étoiles lorsqu'ils surviennent durant la période affichée. Les moyennes et écarts-types sont présentés à droite de la figure. Les températures de surface pour le golfe Saint-Laurent de 1980 à 1984 sont estimées à partir de la température de l'air. RivSumII est le débit d'eau douce combinée s'écoulant dans l'estuaire du Saint-Laurent. (Transport du courant du labrador [CL], Oscillation Nord-Atlantique [ONA], golfe du Saint-Laurent [GSL], Plateau néo-écossais [Pl. n.-é.], sud du golfe du Saint-Laurent [sGSL], nord du golfe du Saint-Laurent [nGSL], couche intermédiaire froide [CIF]).

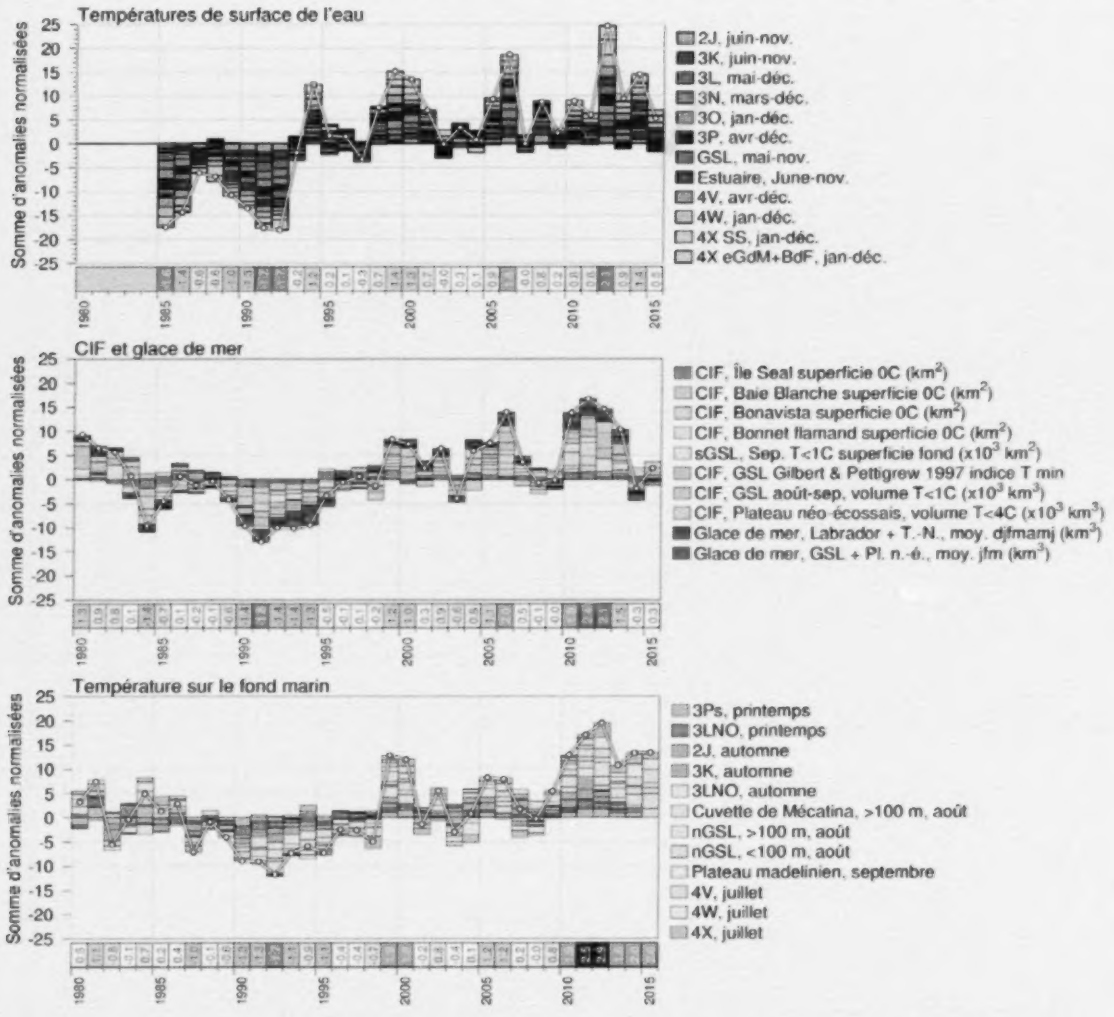

Figure 8. Indices climatiques composites (lignes blanches et symboles blancs) calculés par la somme d'anomalies normalisées provenant de différentes parties de l'environnement (boîtes empilées au-dessus de l'abscisse sont des anomalies positives tandis que celles sous l'abscisse sont négatives). Le panneau du haut somme des anomalies de température de surface de l'eau, celui du milieu somme des anomalies de couches intermédiaires froides et de glace de mer (des anomalies positives représentent ici des conditions chaudes), et le panneau du bas somme des anomalies de température sur le fond.

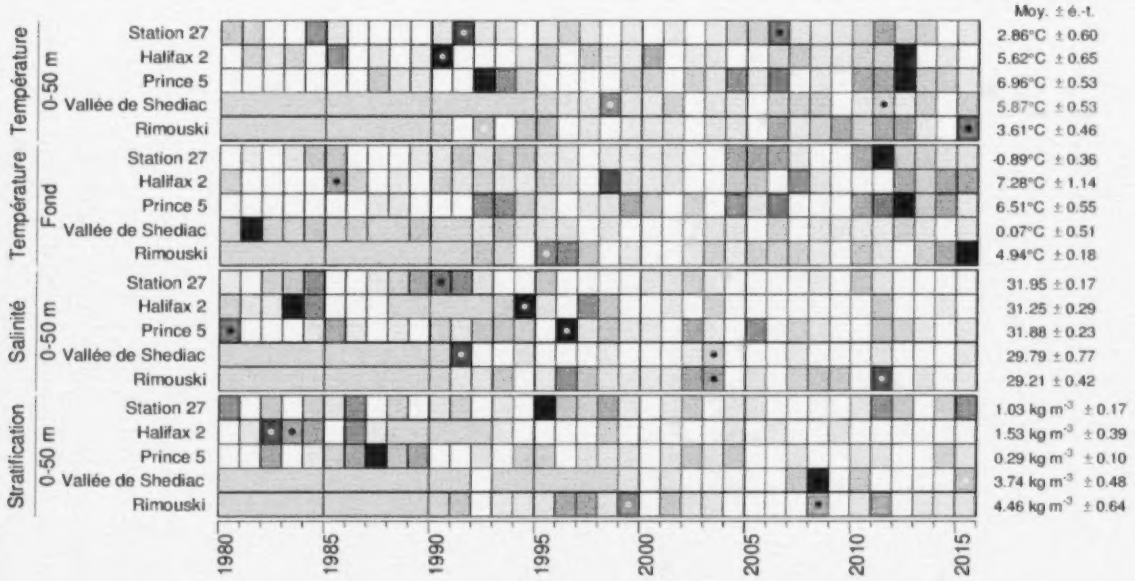

Figure 9. Séries temporelles (de 1980 à 2015) des variables océanographiques aux stations à haute fréquence d'échantillonnage du PMZA. Une cellule grise indique une donnée manquante, une cellule blanche une valeur entre 0,5 écart-type de la moyenne à long terme calculé, lorsque possible, sur les données de 1981 à 2010. Pour la température moyenne sur la profondeur aux stations fixes, les cellules rouges indiquent des conditions plus chaudes que la normale, les cellules bleues plus froides que la normale. Les teintes plus fortes correspondent aux plus grandes anomalies. Pour la salinité et la stratification, le rouge correspond aux conditions au-dessus de la normale. Les minimums et maximums des séries temporelles sont indiqués par des étoiles lorsqu'ils surviennent durant la période affichée. Les moyennes et écarts-types climatologiques sont présentés à droite de la figure. La palette est telle qu'aux figures 6 et 7.

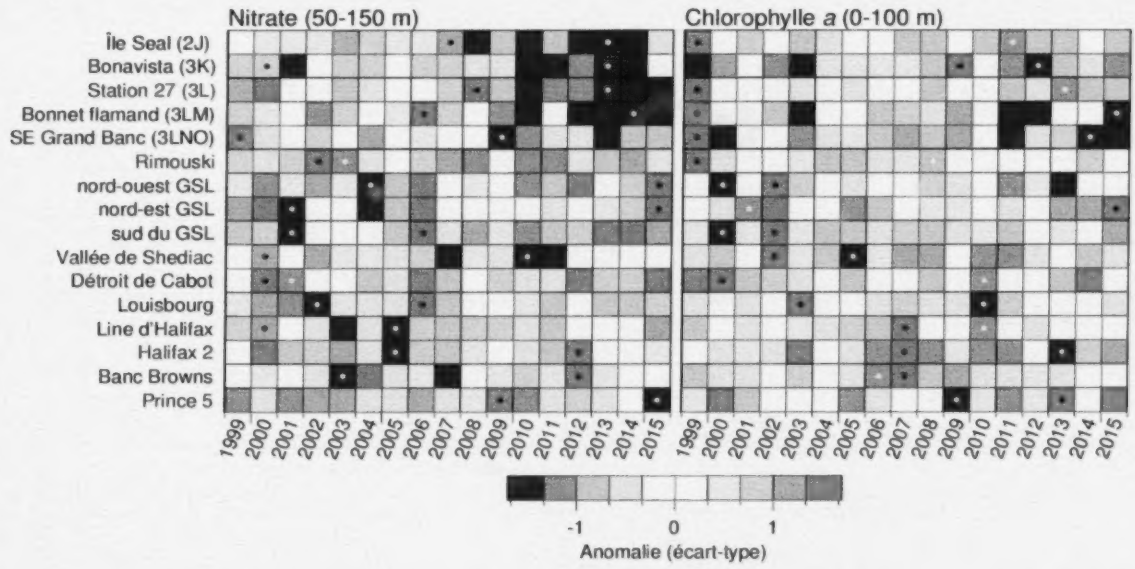

Figure 10. Séries temporelles (de 1999 à 2015) des inventaires de nitrates dans la couche profonde (50-150 m) et de l'abondance du phytoplancton en surface (exprimé par la concentration moyenne de chlorophylle a entre 0 et 100 m) sur les transects (identifiés en rouge à la figure 2) et stations à haute fréquence (identifiées en noir à la figure 2) du PMZA. Une cellule grise indique une donnée manquante, une cellule blanche une valeur entre 0,5 écart-type de la moyenne à long terme calculée sur les données de 1999 à 2010. Les cellules rouges indiquent des conditions plus élevées que la normale, les cellules bleues sous la normale. Les teintes plus fortes correspondent à de plus grandes anomalies. Les minimums et maximums des séries temporelles sont indiqués par des étoiles; notez le changement de la palette de couleur.

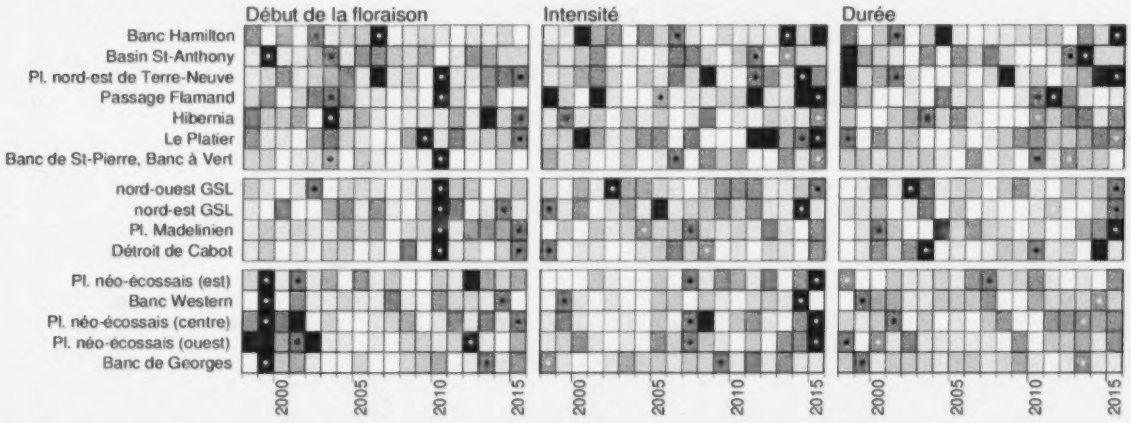

Figure 11. Séries temporelles (de 1998 à 2015) d'anomalies de paramètres de la floraison phytoplanctonique (début, intensité et durée). Données de SeaWIFS pour la période 1998-2008 et MODIS par la suite. Les minimums et maximums des séries temporelles sont indiqués par des étoiles. Vois la figure 3 pour les définitions des régions. La palette est telle qu'à la figure 10.

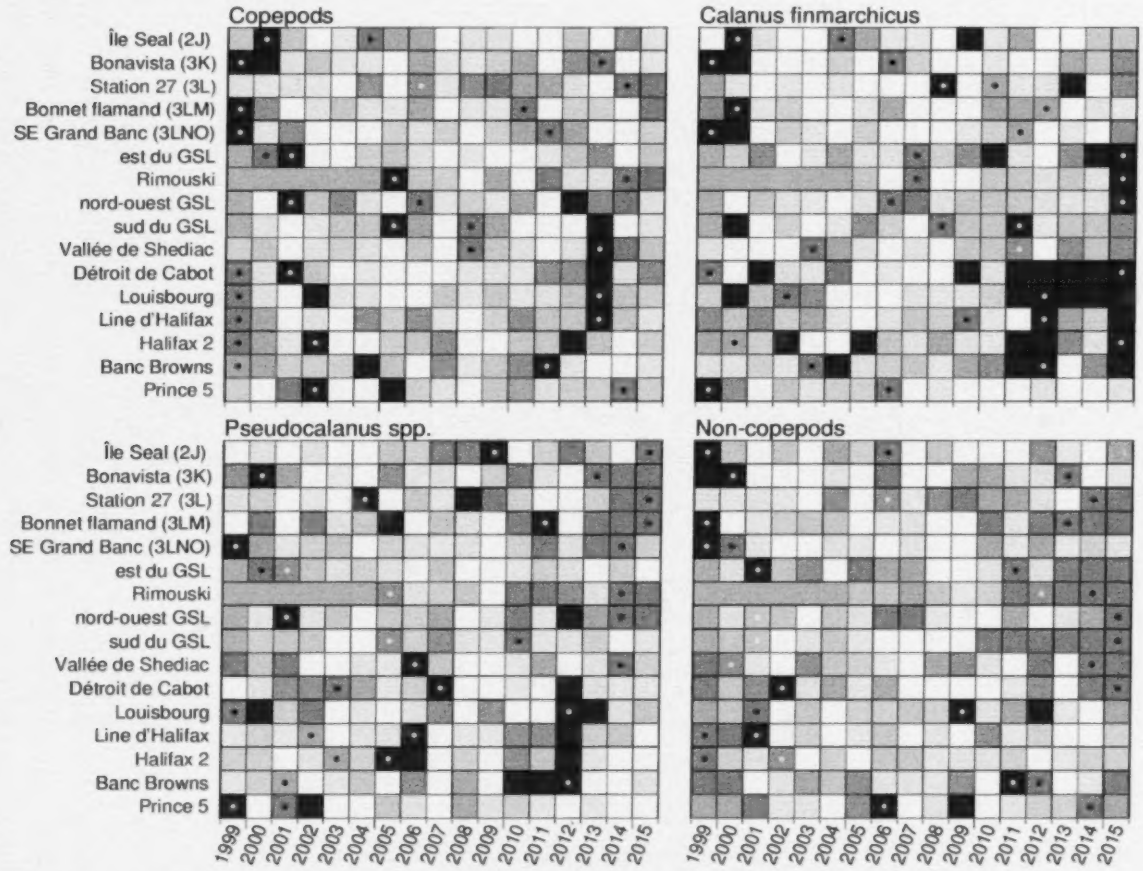

Figure 12. Séries temporelles (de 1999 à 2015) des copépodes, Calanus finmarchicus, Pseudocalanus spp. et des zooplanctons autres que les copépodes. Une cellule grise indique une donnée manquante, une cellule blanche une valeur entre 0,5 écart-type de la moyenne à long terme calculée sur les données de 1999 à 2010. Les cellules rouges indiquent des conditions plus élevées que la normale, les cellules bleues sous la normale. Les teintes plus fortes correspondent à de plus grandes anomalies. Les minimums et maximums des séries temporelles sont indiqués par des étoiles. La palette est telle qu'à la figure 10.

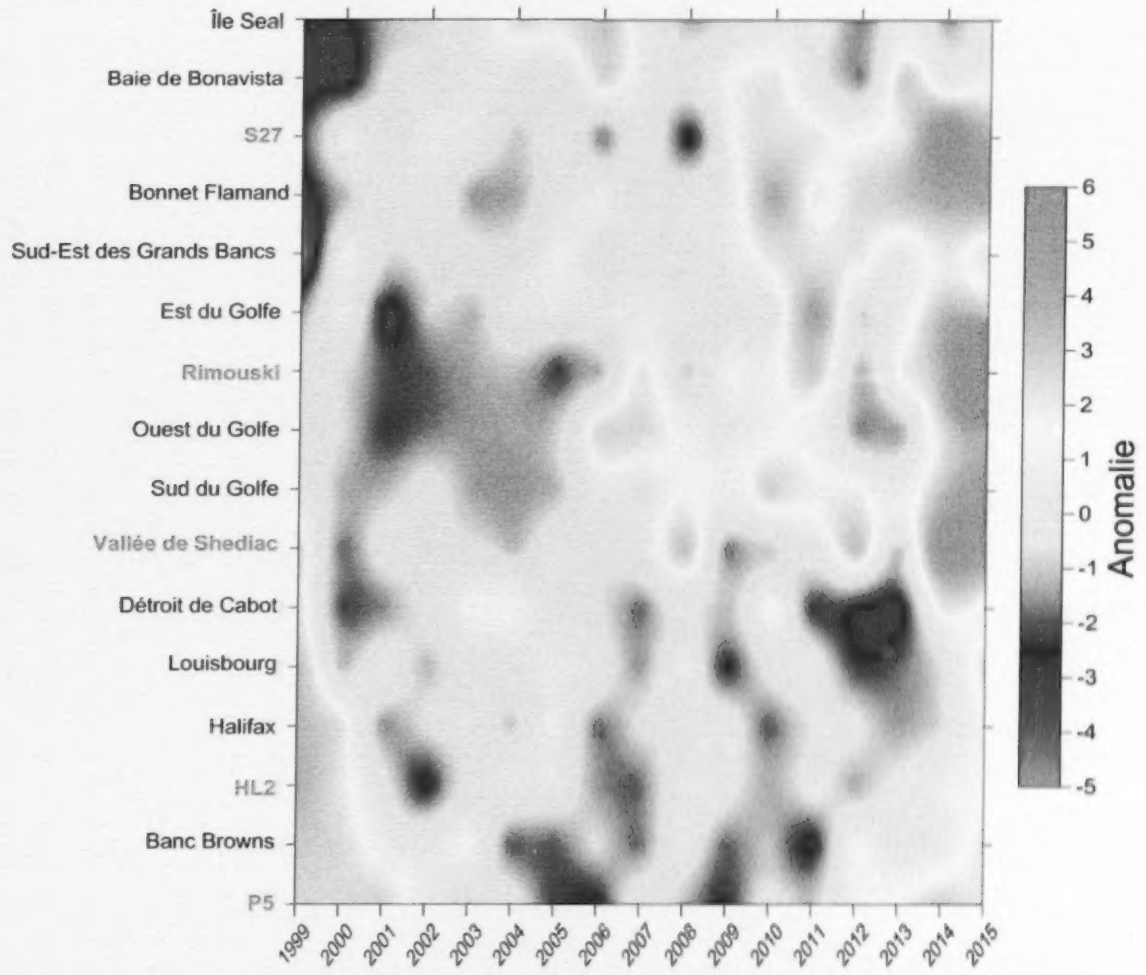

Figure 13. Illustration schématique des anomalies totales d'abondance des copépodes et des non-copépodes sur les sections océanographiques et les stations fixes (indiquées en rouge à gauche); le bleu indique des abondances sous la normale (1999-2010) alors que le rouge indique des abondances au-dessus de la normale.

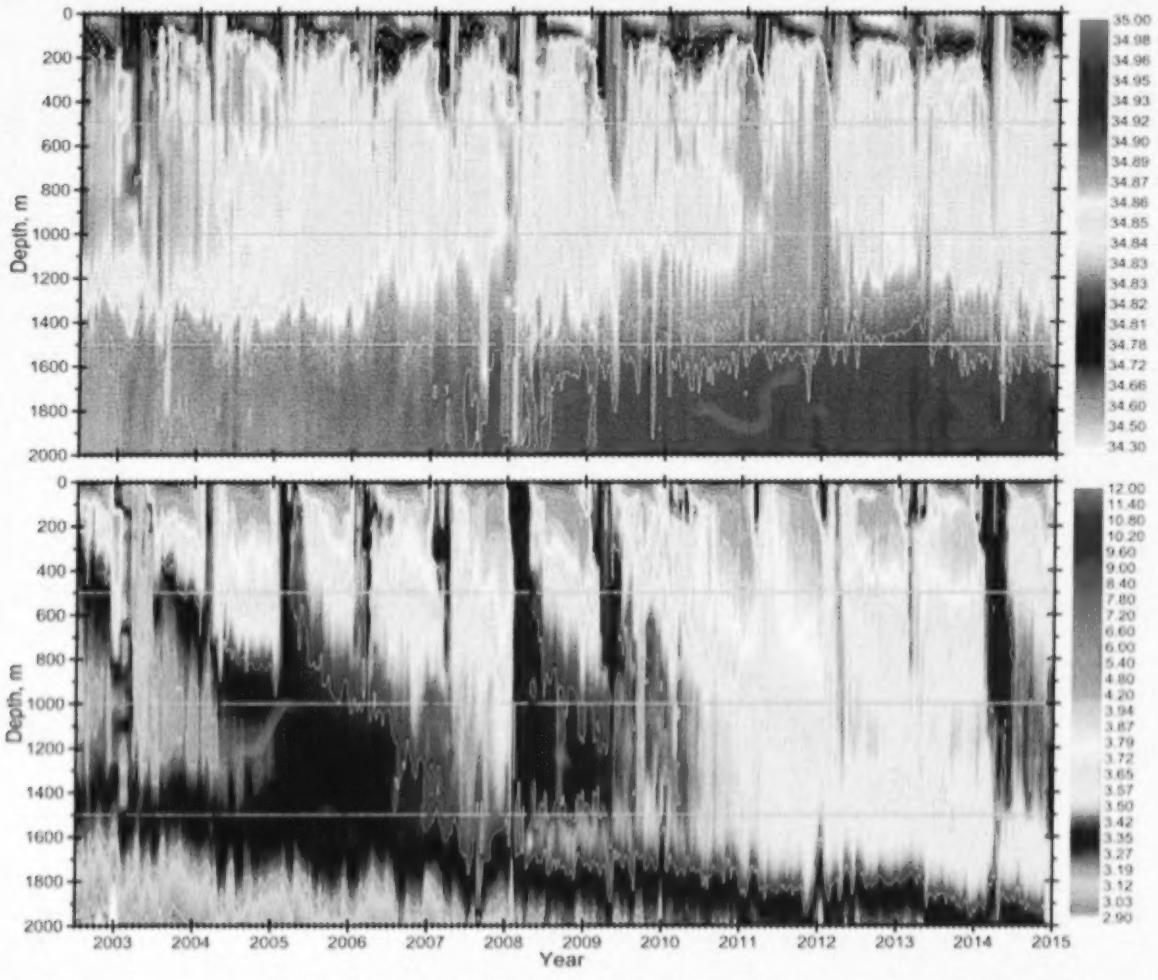

Figure 14. Évolution temporelle de (haut) la salinité et (bas) la température dans la mer du Labrador (ouest à centre), telle que dérivée par les profileurs Argo durant la période 2002-15.

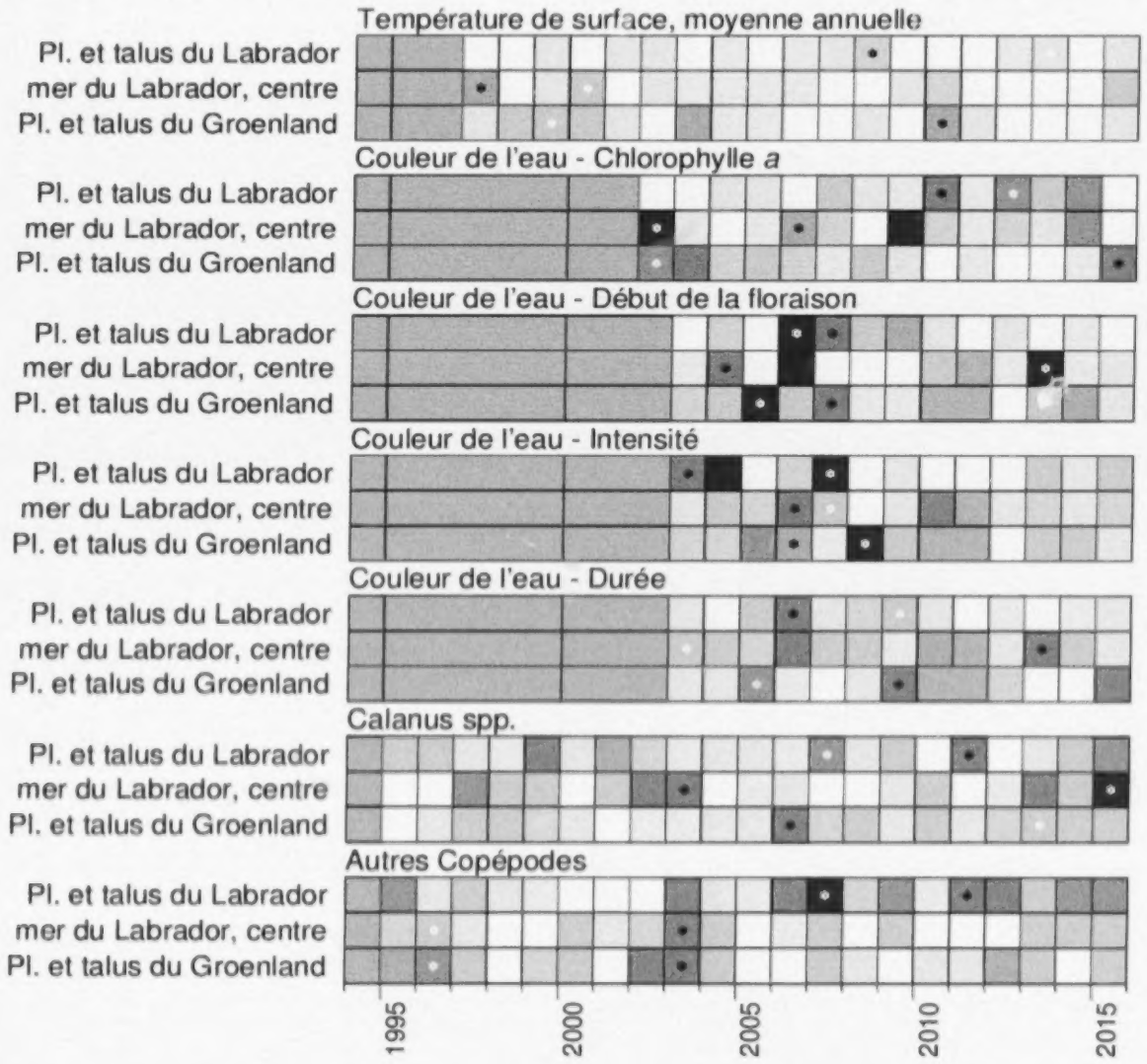

Figure 15. Pour la région de la mer du Labrador, les anomalies annuelles normalisées de télédétection SST intégré sur une grande échelle spatiale. Blooms paramètres (début de la floraison, l'ampleur et la durée) proviennent entièrement de la télédétection. les données zooplancton représentent des anomalies des estimations de l'abondance recueillies en Mai / Juin le long de la ligne de AR7W entre 1995 et 2015. La palette est telle qu'à la figure 10.

CE RAPPORT EST DISPONIBLE AUPRÈS DU :

Centre des avis scientifiques (CAS)
Région de Terre-Neuve-et-Labrador
Pêches et Océans Canada
C. P. 5667
St. John's (Terre-Neuve-et-Labrador) A1C 5X1

Téléphone : 709-772-3332
Courriel : DFONLCentreforScienceAdvice@dfo-mpo.gc.ca
Adresse Internet : www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/

ISSN 1919-5117
© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2016

La présente publication doit être citée comme suit :

MPO. 2016. Conditions océanographiques dans la zone Atlantique en 2015. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2016/041.

Also available in English:

DFO. 2016. Oceanographic conditions in the Atlantic zone in 2015. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Advis. Rep. 2016/041.